

О РАЗРАБОТКЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ОБУЧАЮЩИХ СИСТЕМ В СРЕДЕ WOLFRAM MATHEMATICA

Таранчук В. Б.

*Белорусский государственный университет, Минск, Республика Беларусь,
e-mail: taranchuk@bsu.by*

Обсуждаются основные компоненты и составные части программных приложений формата CDF, функции и опции языка *Mathematica*, которые рекомендуются к использованию при создании и распространении в Интернет интерактивных образовательных ресурсов.

Введение

Важным направлением развития современного образования является повышение эффективности использования информационных технологий. В настоящее время аппаратное и программное обеспечение компьютера предоставляют разные возможности создания и использования электронных документов с компонентами интеллекта, динамической интерактивности. Такие документы имеют ряд преимуществ перед печатными изданиями. Актуальной является задача определения требований к содержанию электронных образовательных ресурсов, способам их подготовки, типовым правилам визуализации информации, что в свою очередь предполагает решение ряда технических вопросов.

В [1 – 3] описаны рекомендации применения системы компьютерной алгебры Wolfram *Mathematica*, формата вычисляемых документов CDF [4], модулей коллекции демонстрационных проектов [5] компании Wolfram Research при создании электронных интерактивных образовательных ресурсов. Примеры выполнения, в том числе в приложениях, размещаемых в Интернет, основные команды для программирования и решения типичных задач интерактивных математических преобразований и вычислений приведены в [2, 3]. В настоящей работе отмечены функции *Mathematica*, использование которых рекомендуется при создании программных приложений формата CDF, визуализации математических функций, результатов численных расчётов, компьютерных моделей любого уровня сложности. Описано программное приложение из комплекта электронных учебных материалов дисциплины «Компьютерная графика».

Формат вычисляемых документов CDF

Начиная с версии 8, пользователи *Mathematica* получили возможность создания интерактивных книг, отчётов, программных приложений в CDF формате [4]. Такие документы с помощью бесплатной программы CDF Player можно свободно распространять и работать с ними, в том числе в виде веб-объектов всех популярных браузеров. CDF документы можно создавать с инструментами интерактивности (меню, кнопками, указателями, бегунками, динамическими локаторами), с возможностями представления результатов в математической нотации, визуализации шагов вычислений и иллюстрирования графиками всех типов (1D, 2D, 3D, анимация), импорта и экспорта результатов во все общепринятые форматы данных и мультимедиа. Реакцией на команды пользователя через инструменты интерактивности

являются обеспечиваемое использованием встроенной вычислительной подсистемы формирование и обновление контента.

В документах формата CDF можно размещать текст, таблицы, изображения, аудио и видео, предусмотрено также использование печатной вёрстки и технических обозначений. Если предварительно необходимо запрограммировать, сгенерировать в *Mathematica*, то в CDF документах можно выполнять аналитические преобразования, вычисления, импорт и экспорт данных, графическую визуализацию; поддерживаются компоновки документа с разбивкой на страницы, со структурной детализацией; режим слайд-шоу, разные способы формирования и просмотра результатов в режиме реального времени. В дополнение к качественной верстке, пригодной для публикаций, формулу можно вводить полностью набранной типографским способом, а также использовать её для вычислений; доступно указание формата вывода результатов: математическая нотация, формат языка программирования. Оформление документа можно контролировать, используя каскадные таблицы стилей. Документ, первоначально созданный в одном стиле, можно преобразовать в множество форм: отчет, статья, учебник, презентация, инфографика или программное приложение. *Mathematica* предоставляет создателям документов несколько сотен опций для форматирования и стилистического оформления, возможно немедленное обновление стилей динамического и статического контента.

Проект Wolfram Demonstrations

Компанией Wolfram Research создан и регулярно обновляется систематизированный каталог свободно распространяемых онлайн-интерактивных демонстраций – программных приложений-проектов [5]. Целями проекта являются: демонстрация возможностей системы *Mathematica*; расширение круга пользователей разработок Wolfram Research; обучение эффективным приёмам программирования в системе при разработке специализированных приложений; уменьшение вычислительных затрат для широкой аудитории пользователей. По состоянию на март 2015 г. в каталоге размещены и доступны посетителям сайта более 10050 демонстраций по разным разделам науки, техники, жизни. Включённые в коллекцию модули с интерактивным интерфейсом динамически иллюстрируют решения задач, различные процессы и понятия в широком диапазоне областей: математика, естественные науки, техника, экономика и т.д.; охватывают различные уровни знаний от элементарной школьной математики до сложных тем, например, таких как квантовая механика или модели биологических организмов.

Все включаемые в каталог демонстрационные примеры имеют непосредственно связанный с графикой или визуализацией пользовательский интерфейс, который динамически пересчитывается в ответ на такие действия пользователя, как передвижение ползунка, нажатие на кнопку или перетаскивание графического элемента ([4, 2, 3]). Каждая демонстрация имеет описание представляемой идеи. Все модули коллекции доступны для скачивания в формате системы *Mathematica* NB и формате вычисляемых документов CDF.

О программировании интерактивных графических приложений

Основные компоненты, применяемые средства создания и сопровождения интеллектуальных обучающих систем отметим на примерах подготовки электронных интерактивных учебных материалов дисциплины «Компьютерная графика». В [6] перечислены основные темы из программы этой дисциплины, преподаваемой

студентам специальности «прикладная информатика» на факультете прикладной математики и информатики БГУ, перечни программных модулей из каталога [5], использование которых целесообразно для повышения степени усвоения материала.

Электронные ресурсы при преподавании этой дисциплины используются на всех этапах: в лекциях, практических занятиях, контролируемой самостоятельной работе, в итоговой диагностике результатов, которая выполняется в формате компьютерного тестирования. Специфика преподавания предмета состоит в том, что в каждой теме изучается не только теоретический, но требуется сопровождающий иллюстративный графический материал. В отдельных темах математическая составляющая достаточно сложная, поэтому важно иметь возможность делать выкладки и преобразования, причём в математической нотации, на персональном компьютере. Наглядность представления материала, возможность конструирования воображаемых моделей по их математическим описаниям - одно из необходимых требований для корректного понимания сути моделей и их описаний. Создание интерактивных, динамических графиков, поясняющих примеров-иллюстраций, обычно, предполагает сложные геометрические расчёты и аналитические преобразования. Подготовка соответствующих программных приложений не только требует специальных навыков, но и очень трудоёмка. Система *Mathematica* предоставляет решение этой проблемы, в частности, через использование программных модулей Wolfram Demonstrations Project.

Приведём используемые при подготовке электронных ресурсов компоненты интерактивных программных модулей на примере темы «Геометрические преобразования в 2D и 3D». Изучение темы предполагает освоение математических основ компьютерной графики, причём, для понимания теории и алгоритмов преобразований, важно «на лету» упрощать выражения итоговых преобразований, получать и динамически манипулировать изображениями исходных и преобразованных объектов в пространстве.

На рисунках ниже представлены скриншоты, иллюстрирующие кадры интерактивного программного модуля, предоставляемого студентам. На рисунке 1 показан фрагмент главного окна модуля. С ним можно работать в *Mathematica* или, используя CDF Player, есть изложение теории, ссылки, формулировки заданий для выполнения. Все тексты, где есть формулы, записаны в математической нотации и в исполняемых секциях можно выполнять символьные вычисления, преобразования, операции с матрицами и выражениями, строятся требуемые изображения. Например, в блоке «Матрицы аффинных преобразований» (фрагмент показан на рис. 2) в следующих секциях после показанной даны пояснения функций системы *Mathematica*: *MatrixForm* – вывод элементов одномерного или двумерного массива (списка) в матричном формате; *Inverse*, *Transpose* – обращение, транспонирование матрицы; *Simplify* – упрощение выражения. Эти функции представлены в виде упражнений, можно в выпадающих меню выбирать варианты, менять значения параметров, получать и просматривать результаты.

Скриншоты фрагментов секций блока «Конвейер геометрических преобразований» задачи «Сложение преобразований 3D» показаны на рисунках 2 – 4. Рассматривается задача получения итоговой матрицы преобразования. Решение состоит в выполнении 4-х шагов: перенос и 3 поворота вокруг координатных осей (эскизы на рисунке 3) – эти шаги реализуются стандартными действиями применения соответствующих матриц. В модуле после каждого шага выводятся графики

(исходный, результат), а также рассчитываются и выводятся координаты точек. Так на рис. 4 показан пример контроля координаты точки Q3, которая после этого шага преобразований должна оказаться на оси OZ – первые 2 координаты нулевые.

По этой теме (как и по другим) кроме электронных интерактивных документов с теорией, пояснениями и иллюстрациями алгоритмов преобразований, студентам для освоения и упражнений предлагается программный модуль, а именно – Understanding3DRotationR.cdf. Модуль адаптирован по оригиналу **[Ошибка! Источник ссылки не найден.]** – в тексте приложения сделан перевод на русский, добавлены пояснения частей кода, уточнены начальный ракурс и масштаб просмотра, заменён подвергаемый преобразованиям исходный объект, предложен набор разных объектов для преобразований, показанный на рис. 5, расширены интервалы возможного перемещения объекта.

О программировании интерактивных графических приложений

На рис. 6 и 7 представлены скриншоты, иллюстрирующие кадры программного модуля. Инструменты приложения Understanding3DRotationR и пояснения составных частей сцены окна программы показаны на рис. 6; в кадры вывода на рис. 7 добавлены вставки фрагментов панелей со значениями параметров геометрии. На рис. 6 в левой части показаны элементы панели управления, справа – сцена. Сцена иллюстраций на рис. 6 и 7 включает: окаймляющий куб с подписями и разметкой осей; исходный и преобразованный объекты; плоскость и ось поворотов. В приведенных примерах показана сцена размера $10 \times 10 \times 10$, начало координат в центре, положение наблюдателя (в условных единицах характерного размера сцены, который в примере равен 10) – $\{1.8, -2.8, 1.3\}$. Исходный объект – параллелепипед и цилиндр, одинаковой высоты, общая высота равна 3, ось проходит через точки $(3/2, 3/2, 0)$ и $(3/2, 3/2, 3)$, в основании параллелепипеда квадрат размера 3. Рис. 6 иллюстрирует преобразование поворота на 180° вокруг оси Z, $wz = 1$, все другие параметры нулевые.

На иллюстрациях рис. 6, 7 изменение значений wx , wy , wz обеспечивает повороты, изменение rx , ry , rz – перемещение в соответствующем направлении, изменение Θ – задание итогового угла поворота исходного объекта вокруг назначенной оси (с учётом поворотов плоскости и сдвигов).

Два верхних кадра рис. 7 – иллюстрации преобразования поворота на 180° вокруг оси Z и перемещений. Левый кадр в верхнем ряду – перемещение в направлении X с $rx = -0.8$, правый кадр – дополнительно к $rx = -1.1$ ещё и перемещение в направлении Y с $ry = -1.8$; во всех примерах этой серии $wz = 1$, $\Theta = 180^\circ$, другие параметры нулевые. Важно отметить, что при формировании изображений автоматически обрабатывают алгоритмы отсечения, в правом кадре отсечены левая и передняя части итогового объекта. Преобразования поворотов в разных направлениях иллюстрируют изображения в нижнем ряду рис. 7.

В программном приложении можно интерактивно работать с результатами вывода. Каждое действие управления (поворот, перемещение) можно выполнять, задавая значение параметра в поле ввода или перемещением бегунка. Также можно запускать просмотр с автоматическим изменением любого из приведенных параметров; инструментами управления выводом видео можно регулировать скорость и направление прокрутки видео, возможна пошаговая смена кадров. Шаг изменения значений параметров можно задавать в коде, в противном случае будет использоваться значение по умолчанию.

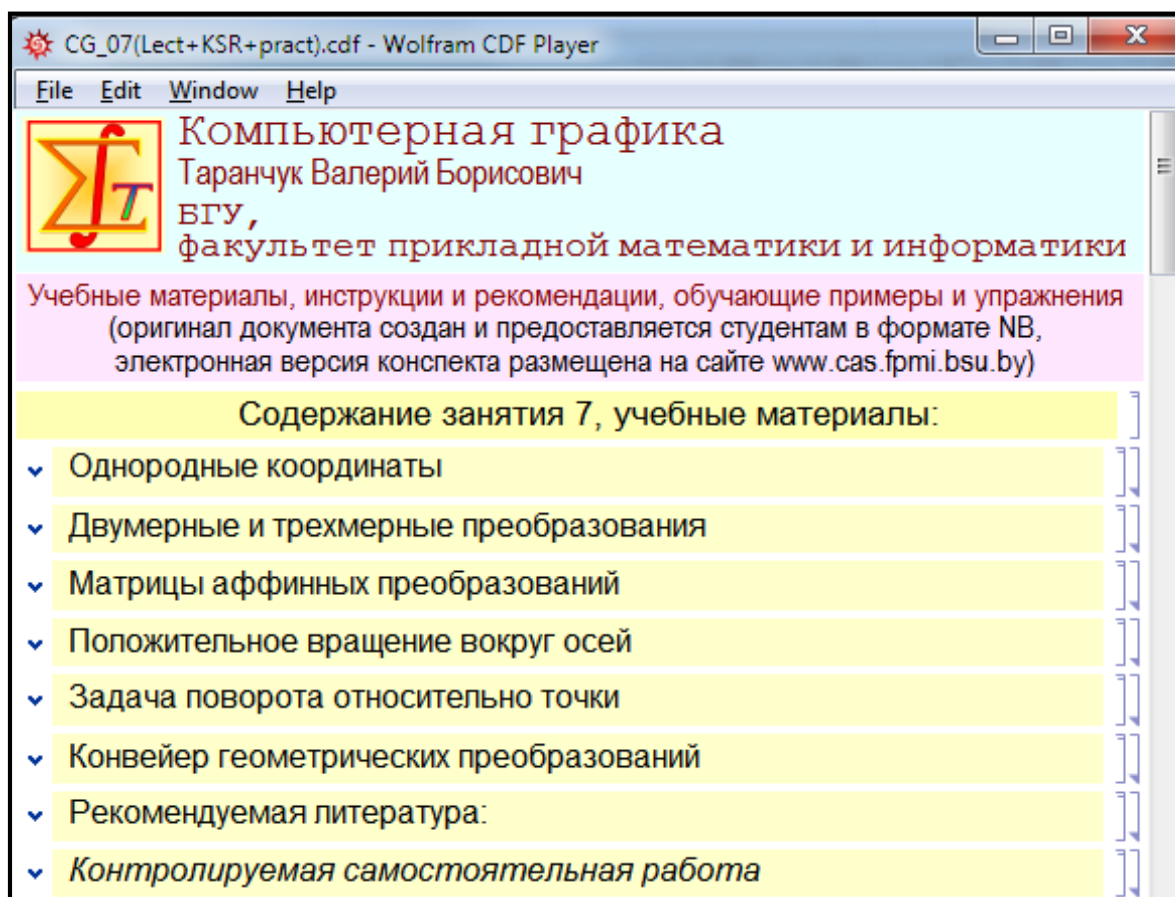


Рис. 1. Скриншот главного окна программного модуля

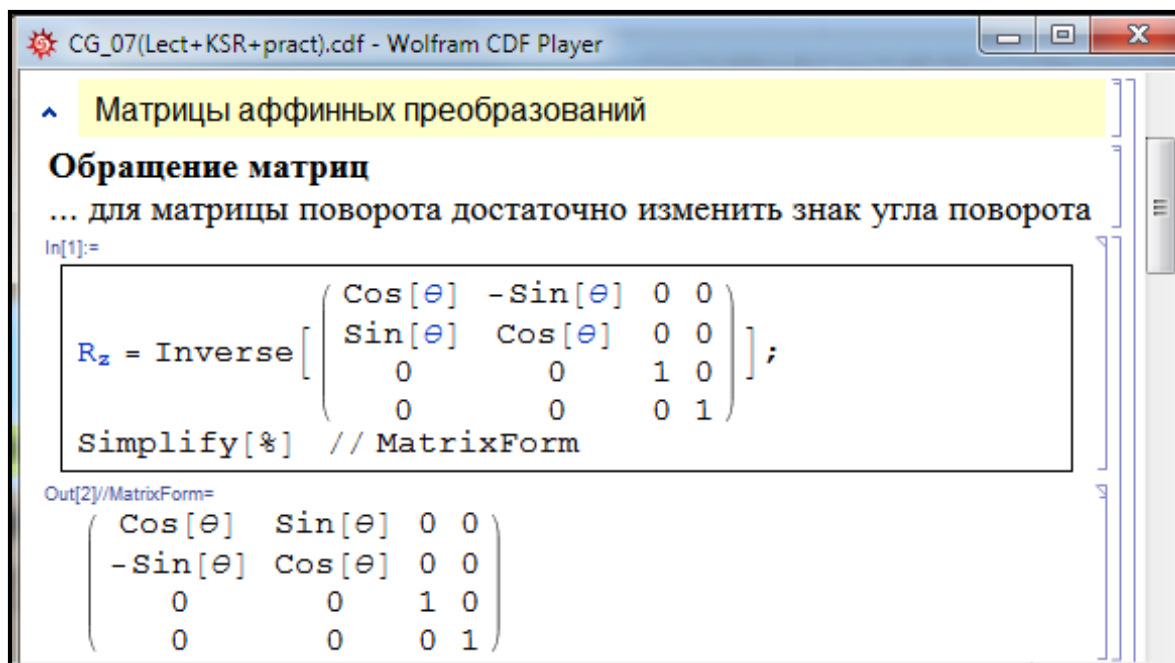


Рис. 2. Фрагмент окна блока «Матрицы аффинных преобразований»

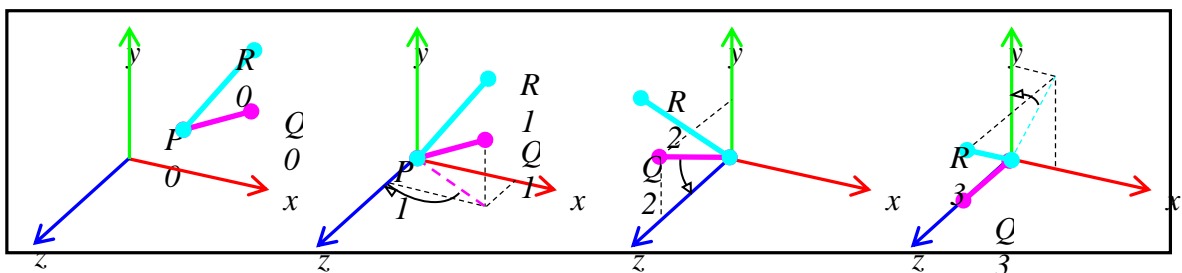


Рис. 3. Фрагмент окна иллюстраций шагов конвейера преобразований

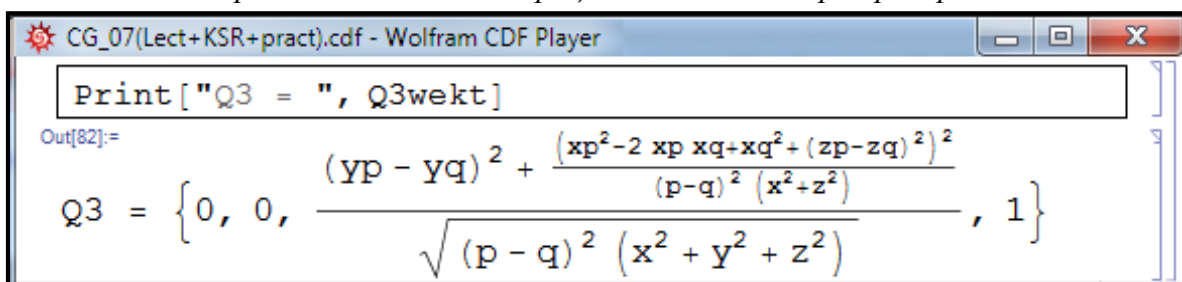


Рис. 4. Фрагмент с результатами проверки правильности преобразования

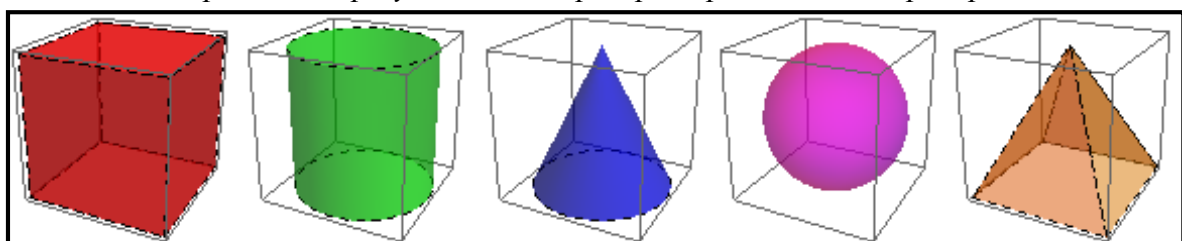


Рис. 5. Базовые графические примитивы, включённые в модуль

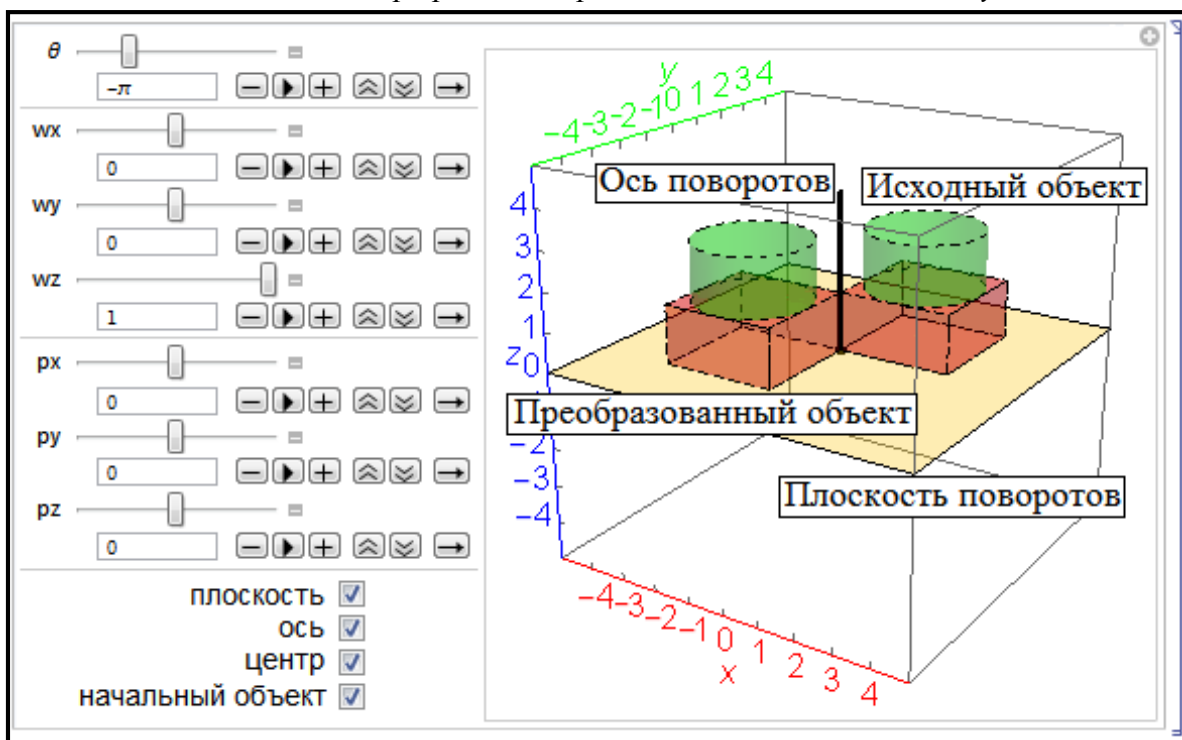


Рис. 6. Вид панели управления, окна вывода с объектами сцены и результатом

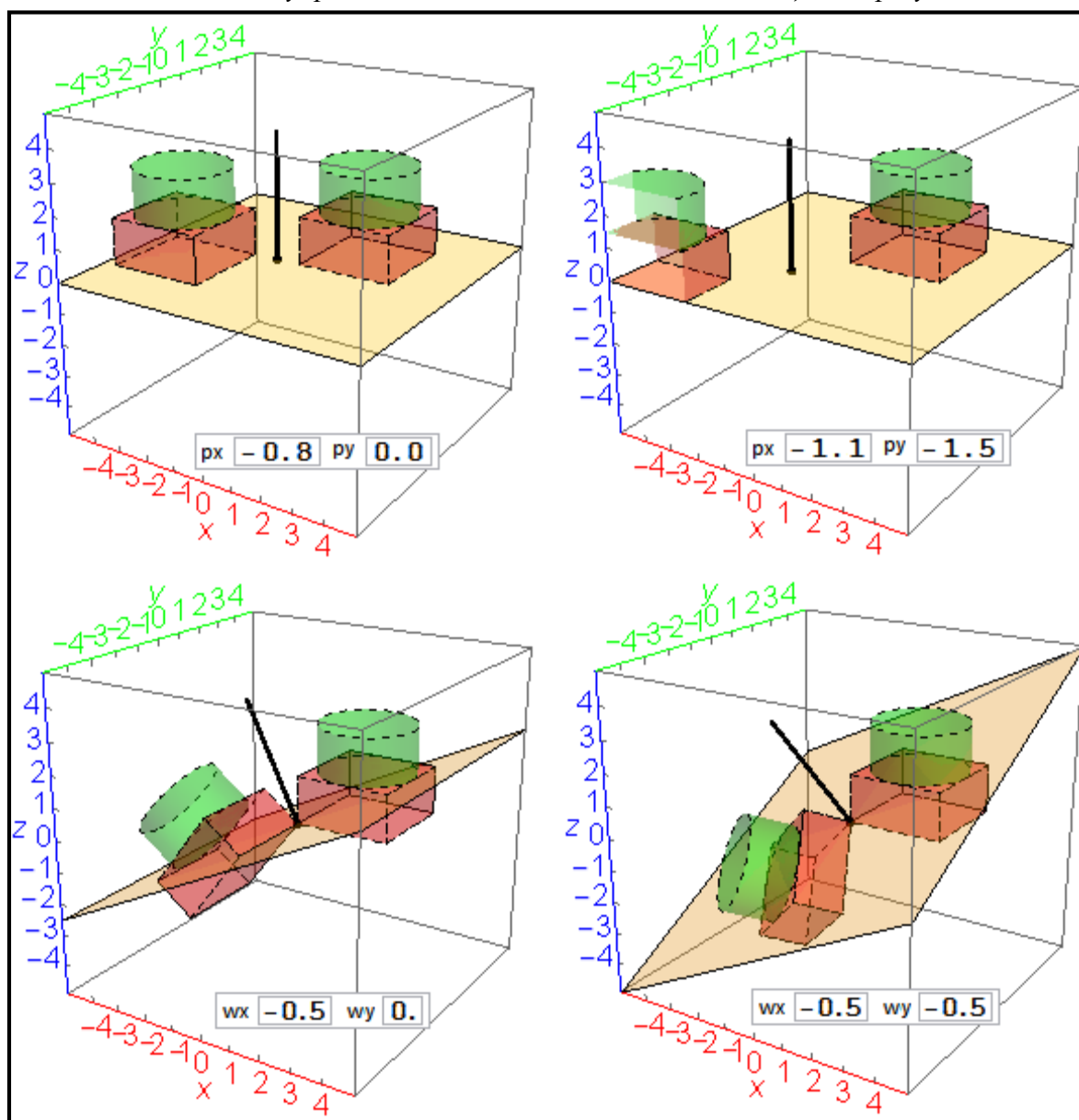


Рис. 7. Фрагменты окон приложения с результатами применения преобразований перемещений и поворотов

Ключевые функции и опции приложения Understanding3DRotationR

В части оформления, настройки вида объектов сцены в упражнениях включены пояснения:

- правил подготовки сопровождающих подписей (FormatType, BaseStyle, Style, TraditionalForm, StandardForm, FontFamily, FontSlant, FontSize, AxesStyle, LabelStyle, TicksStyle, GridLinesStyle, MeshStyle, BoundaryStyle, FillingStyle, ClippingStyle);
- способов задания толщины и типа линий (Thickness, AbsoluteThickness, Dashed, Dotted, DotDashed, Thick, Thin);

- вариантов задания цветов, прозрачности и имитации освещения (Colors, GrayLevel, RGBColor, CMYKColor, LABColor, ColorFunction, ColorFunctionScaling, Opacity, Lighting, Specularity);
- опций управления кадром вывода (ImageSize, PlotRegion, PlotRange, PlotRangeClipping, AspectRatio, BoxRatios, Scaled, BoxStyle).

Относительно применяемых в модуле функций преобразования RotationTransform, TranslationTransform – дополнительно записаны пояснения и упражнения, чтобы студенты освоили функции системы AffineTransform, GeometricTransformation.

О настройке инструментов динамической интерактивности

Наиболее часто в блокнотах *Mathematica* динамическая интерактивность, диалоговые окна, управление параметрами входных данных для вычислений (в том числе символьных), построение и просмотр графиков реализуются с использованием функции Manipulate. Соответствующий модуль Manipulate позволяет создавать различные интерактивные средства по заданному выражению expr с аргументами (параметрами), причем, выражение expr трактуется в самом общем виде и может быть списком, включающим названия, математические выражения, графические функции и т.д. Особое внимание при пояснениях в представляемых студентам приложениях уделено вопросам программирования динамического вывода, использования инструментов интерактивности – примерами иллюстрируются функции и опции динамических вычислений, включения и выключения индикаторов, организации флажков, кнопок, иерархических и выпадающих меню, локаторов. Поясняются: Manipulate, Dynamic, Initialization, Delimiter, PopupMenu, Checkbox, CheckboxBar, RadioButtonBar, SetterBar, TogglerBar, ControlType, Locator, Slider, Slider2D, ColorSlider, SaveDefinitions, AutorunSequencing.

Опции поддержки динамической интерактивности в CDF документах

При подготовке блокнотов в *Mathematica*, если предполагается их сохранение, просмотр в CDF Player, следует выполнять инициализацию (Initialization:→) или сохранить параметры для анимации (SaveDefinitions). Это обязательно, т. к. CDF Player не может загружать пользовательские данные во время работы. Допустима работа только с теми списками, комплектами, наборами, которые включены в базу знаний, т. е. вся используемая функцией Manipulate информация должна была встроена в интерактивные элементы .cdf файла.

Заключение

Рассмотрены основные компоненты демонстрационных модулей компании Wolfram Research, отмечены функции и опции языка *Mathematica*, используемые при их адаптации для использования в учебном процессе. Изложенные методы существенно расширяют возможности создания электронных образовательных ресурсов, содержащих математическую нотацию любого уровня сложности и графические иллюстрации всех типов и категорий. Немаловажным достоинством является также то, что перечисленное не требует от создателей знаний программирования.

Литература

1. Таранчук, В.Б. О создании интерактивных образовательных ресурсов с использованием технологий Wolfram / В.Б. Таранчук // Информатизация образования: – 2014. – № 1. – С. 78 - 89.

2. Таранчук, В.Б. О применении Wolfram Mathematica при создании электронных образовательных ресурсов / В.Б. Таранчук // Весці БДПУ. Серія 3, Фізика, Математика, Інформатика. – 2014. – № 2. – С. 57 - 62.
3. Таранчук, В.Б. О применении технологии вычисляемых документов Wolfram при создании электронных образовательных ресурсов / В.Б. Таранчук // Вести Института современных знаний: – 2014. – № 3 (60). – С. 102 - 109.
4. CDF. Документы оживают благодаря возможностям вычислений [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.wolfram.com/cdf>. – Дата доступа: 30.03.2015.
5. Wolfram Demonstrations Project [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://demonstrations.wolfram.com>. – Дата доступа: 30.03.2015.
6. Таранчук, В.Б. Особенности подготовки и использования электронных ресурсов при преподавании компьютерной графики / В.Б. Таранчук, В.А. Куликович // Информатизация образования – 2014: педагогические аспекты создания и функционирования виртуальной образовательной среды : материалы междунар. науч. конф., г. Минск, 22–25 окт. 2014 г. / – Минск, – 2014. – С. 380 - 384.